

RA-9

분산염료폐수처리를 위한 RO/NF 막의 분리특성

안승호, 노수홍

연세대학교 환경과학과

염료제조공정에서 발생하는 폐수는 미반응 물질, 중간합성체, 반응기 세척액 등의 난분해성 물질과 함께 고농도의 염(salt)을 함유하고 있어 기존의 생물학적 처리를 위해서는 폐수를 3-5배 희석하여 처리한다. 따라서 폐수처리장의 규모가 커지고 처리약품과 에너지의 소모가 증가하므로 처리가 비효율적으로 수행된다.

본 연구에서는 염료폐수처리 및 회수에 역삼투막을 적용하여 폐수의 농축과정에 따른 투과율, 배제율의 변화를 조사하였다. 염료폐수의 생물학적 처리공정에서 문제점으로 대두되는 염의 농도를 낮추기 위해서 Nanofiltration(NF)막을 이용하여 염료성분과 염을 분리하는 실험을 수행하였다.

실험 및 방법

분산염료공장의 기존의 폐수처리장으로 유입되는 원폐수 저장조에서 시료를 채취하여 pH, Conductivity, SS, TOC, TDS 분석을 Standard Method에 의하여 수행하였고 Cl^- , SO_4^{2-} 은 Ion Chromatography를 사용하여 측정하였다.

염료폐수는 부유물질의 농도가 높고 pH가 낮아 NaOH 또는 $Ca(OH)_2$ 를 이용하여 pH를 조정하고 Jar Test를 통하여 Alum, Ferric Chloride, 및 고분자 응집제등의 최적투여량을 구하였다.

위와 같이 전처리한 폐수를 상업용 RO막인 Filmtec사의 복합막 SW-30, 및 UOP사의 비대칭 CA막 그리고 NF막인 Filmtec사의 NF-40을 사용하였고, 평막실험장치를 이용하여 압력은 $30Kgf/cm^2$, 유량은 $5.9 l/min$, 온도는 $25^\circ C$ 에서 분리막의 기초특성인 순수투과율과 염 제거율을 측정하였고 전처리된 염료폐수를 사용하여 분리막 안정성과 농축에 따른 투과율 변화와 전기전도도 및 TOC 배제율을 조사하였다.

결과 및 고찰

분산염료의 특징은 염료정제 과정에서 다량으로 사용되는 황산에 의하여 pH가 1-2로 낮고 TDS 농도가 높다. 표 1에 본 연구에서 사용된 원폐수의 분석결과를 나타내었다.

Table 1. Analysis Results of Dye Wastewater.

pH	Conductivity	SS(mg/l)	TOC(mg/l)	TDS(mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
1.42	14,940(μS/cm)	257	2,202	8,665	1,088	3,224

전처리로서 응집/침전시킨 처리수의 탁도는 5ppm의 FeCl₃응집제를 사용하였을때 그림 1에서와 같이 80%이상 낮출수 있었고 TOC를 기준한 유기물 농도는 약 10%정도 감소시킬수 있었다. 이렇게 전처리한 상등액은 5μm Cartridge Filter를 통해 여과한 후 평막실험에 사용하였다.

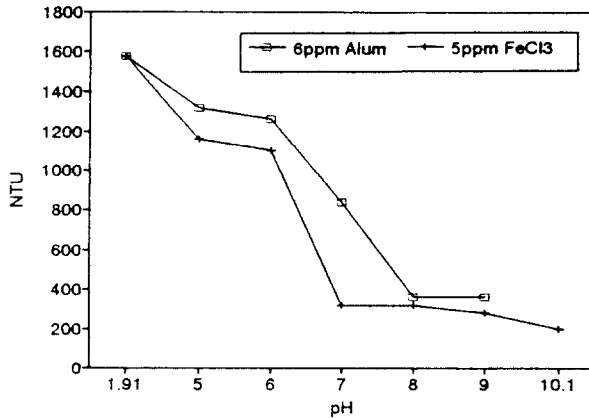


Fig.1 Effects of pH & Coagulant on Turbidity.

분리막의 기초분리특성 실험결과 순수투과율은 운전압력이 30kgf/cm²일때 NF-40막이 83 l/mh (1/m²h) 로 가장 높았으며 RO막에서는 비대칭막인 UOP-CA는 42 l/mh, 복합막인 SW-30이 29 l/mh로 가장 낮았다. 2000 ppm NaCl 용액을 사용한 배제율 측정실험에서 SW-30막이 99%, UOP-CA는 96.8%의 배제율을 보여주었고 NF-40 막의 배제율은 53% 로 가장 낮았다. 1000ppm MgSO₄ 용액의 실험결과는 NF-40만 94%의 배제율을 나타내었고 RO막인 SW-30은 99.6%, UOP-CA는 99.4%의 배제율을 보여주었다.

폐수의 농도가 일정할 때 운전압력에 따라 RO분리막은 60분 이내에 투과율과 배제율이 SW-30은 13.4 l/mh, 99.8%, UOP-CA는 17.4 l/mh, 98.6%를 각각 나타내며 안정되었으나 NF-40막은 60분 운전시 투과율과 배제율이 각각 32.5 l/mh, 82.4%를 보였고 투과율의 점진적인 감소경향을 나타내었다.

폐수의 농축실험시 투과율의 감소는 Feed의 농도가 증가하므로 삼투압이 높아져 유효압력의 감소와 Fouling현상에 기인하며 감소경향은 그림 2 나타내었고 농도증가에

따른 Fouling 영향은 NF-40이 RO막보다 크게 나타났다.

농축실험은 초기부피의 25%까지 농축하였다. 농축시 투과율의 감소는 SW-30막은 초기의 17.0 lmh에서 4배 농축되었을 때 9.7 lmh로 42.9%가 감소하였고, UOP-CA막은 24.5 lmh에서 14.4 lmh로 41.2% 감소하였으며, NF-40막은 39.8 lmh에서 21.9 lmh로 45.0% 감소하였다.

농축에 따른 전기 전도도의 배제율 변화는 SW-30막은 99.6%~99.8%, UOP-CA막이 98.2%~98.5% 값을 나타내었고 NF-40막은 82.5%~84.9%로 RO막 보다는 변동의 폭이 컸으나, 전체적으로는 일정한 값을 나타내고 있음을 그림 3에서 알수있다.

SO_4^{2-} 의 배제율은 농축과 압력의 변화에는 거의 영향을 받지 않고 실험에 사용한 분리막들은 99.6%이상의 배제율을 나타내었다.

TOC의 배제율은 SW-30막이 91.9%~94.6%, UOP-CA막은 69.4%~76.9%사이의 값을 나타내었고 NF-40막은 69.1%~76.9%의 범위였고 초기와 마지막의 배제율 변화는 SW-30막은 2.7%, UOP-CA막은 7.4%, NF-40막이 7.7%의 배제율 증가를 보였다.

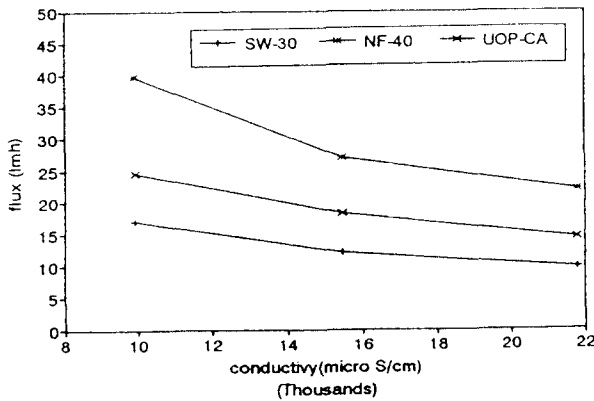


Fig.2 Effects of Feed Concentration on the Flux.

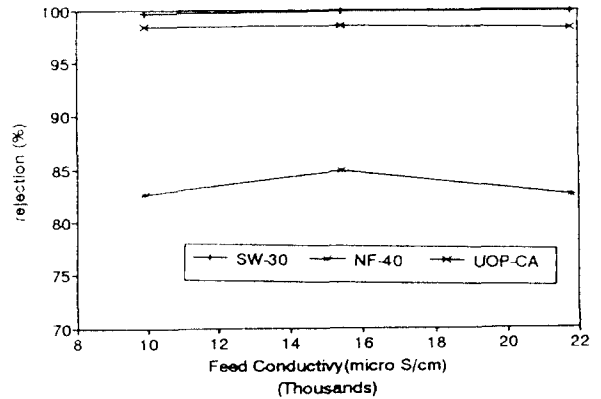


Fig.3 Effects of Feed Concentration on the Conductivity Rejection.